

日 本 国 特 許 庁

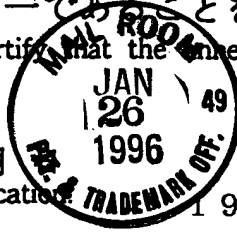
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
with this Office.

出 願 年 月

Date of Application



1994年 9月30日

出 願 番 号

Application Number:

平成 6年特許願第259626号

出 願 人

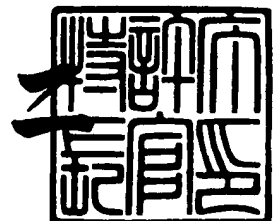
Applicant (s):

キヤノン株式会社

1995年11月 2日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Patent Office

清 川 佑



出証番号 出証特平07-3064835

【書類名】 特許願

【整理番号】 2826058

【提出日】 平成 6年 9月30日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 C01G 31/00
C04B 35/00
H01B 12/00

【発明の名称】 超伝導線の製造方法

【請求項の数】 4

【発明者】
【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社
社内

【氏名】 金子 典夫

【特許出願人】
【識別番号】 000001007
【氏名又は名称】 キヤノン株式会社
【代表者】 御手洗 肇

【代理人】
【識別番号】 100077698
【弁理士】
【氏名又は名称】 吉田 勝広

【代理人】
【識別番号】 100098707
【弁理士】
【氏名又は名称】 近藤 利英子

【手数料の表示】
【納付方法】 予納
【予納台帳番号】 010135
【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9300542

【書類名】 明細書

【発明の名称】 超伝導線の製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 銀又は銀合金テープ或いは複数の小さな穴が開けられた銀又は銀合金テープをパイプ状に加工しながらテープ上に酸化物超伝導体を供給してシース線材を形成し、伸線加工して細線を作製し、該細線を銀又は銀合金よりも融点の高い導電性材料の溶融液中に入れ該溶融液内を通過させて銀又は銀合金を溶解させ、銀又は銀合金を酸化物超伝導体に分散させると同時に導電性材料を酸化物超伝導体の表面に取り付けることを特徴とする超伝導線の製造方法。

【請求項 2】 複数の小さな穴が開けられた銀又は銀合金テープをパイプ状に加工しながら酸化物超伝導体の原料混合物を供給してシース材を形成し、伸線加工して細線を作製し、該伸線加工の前及び／又は後に熱処理して充填した酸化物超伝導体原料を反応させて酸化物超伝導体とし、その後、銀又は銀合金よりも融点の高い導電性材料の溶融液中を通過させて銀又は銀合金を溶解させ、銀又は銀合金を酸化物超伝導体に分散させると同時に導電性材料を酸化物超伝導体の表面に取り付けることを特徴とする超伝導線の製造方法。

【請求項 3】 銀又は銀合金テープ或いは複数の小さな穴が開けられた銀又は銀合金テープをパイプ状に加工しながら酸化物超伝導体を供給し、伸線加工して細線を作製し、該細線を銀又は銀合金の融点よりも高い温度に加熱して溶解した後、外周に導電性材料を取り付けることを特徴とする超伝導線の製造方法。

【請求項 4】 銀又は銀合金テープ又は複数の小さな穴が開けられた銀又は銀合金テープをパイプ状に加工しながら酸化物超伝導体の原料混合物を供給し、伸線加工して細線を作製し、該伸線加工の前及び／又は後に熱処理して充填した酸化物超伝導体の原料を反応させて酸化物超伝導体とし、その後、銀又は銀合金の融点よりも高い温度に加熱して溶解した後、外周に導電性材料を取り付けることを特徴とする超伝導線の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】

本発明は、酸化物超伝導体を利用した超伝導線の製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

Y系、Bi系等の呼ばれ方をしている酸化物超伝導体は、液体窒素温度よりも高い温度で超伝導性を示す。これらの材料を線材化する場合の方法としては、金属パイプの中に超伝導物質或いはその原料を充填し、伸線加工し、必要により伸線加工の前後等で熱処理をするか、或いは、スパッタ法等の各種薄膜形成手段を利用して、基体上に酸化物超伝導体を形成することが一般的に行われている。金属パイプに超伝導体を充填する方法は、特開平2-37623号公報や特開平1-276516号公報に、又、薄膜を形成する方法は特開昭63-241826号公報に夫々開示されている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、酸化物超伝導体は材料中の酸素量により超伝導特性が変化する為、線材化する為には材料中の酸素量を制御しなければならないという問題がある。超伝導線には一般に安定化材が設けられ、これには通常は銅等の金属が使用されるが、酸化物超伝導体の場合には、銅は加工中に超伝導体中の酸素により酸化されてしまう為、使用することが出来ない。更に、酸化物超伝導体には金属の様な加工性がない為に、圧延やダイスによる伸線加工では、結晶粒が変形しにくい為に、加工時に金属パイプの方が断線してしまうことがある。又、金属パイプ中に、酸化物超伝導体が緻密に、且つ均一に充填されないと、超伝導線としては使い物にならないという問題もある。又、金属と酸化物超伝導体では熱膨張率が異なる為に、例えば、冷却時における金属と酸化物超伝導体の密着性も大きな問題である。

【0004】

以上の様な問題を解決する為に、特開平2-37623号公報では、アルミニウムパイプに酸化物超伝導体を充填し、超伝導体を焼結させる為の加熱を行う際に、アルミニウムを溶解除去し、酸化物超伝導体を露出させた状態で900～1

、000℃の熱処理を行うことにより、材料中の酸素量を制御している。又、特開平1-276516号公報では、銀パイプに酸化物超伝導体の成形体を挿入し、銀パイプと超伝導体の隙間に銀粉を充填して、金属パイプと超伝導体の密着性を確保している。

【0005】

しかし、特開平2-37623号公報に記載の方法では、アルミニウムの融点が約660℃であるから、この温度ではアルミニウムが酸化物超伝導体の表面から除去される前に、酸化物超伝導体中の酸素によりアルミニウムが酸化されてしまう可能性が極めて高い。特に、酸化物超伝導体の表面の凹部や結晶粒界に入り込んだアルミニウムは除去されにくく、酸化により生成した酸化アルミニウムが不純物として析出したり、場合によっては酸化物超伝導体と反応してしまうことが生じる。更に、特開平2-37623号公報には、超伝導マグネット等への応用には欠かせない安定化材の形成については何も開示していない。又、特開平1-276516号公報に記載の方法では、銀粉の存在により、金属パイプと酸化物超伝導体の密着性は改善されていると思われるが、超伝導線の臨界電流を改善する工夫は全くなされていない。

【0006】

又、薄膜形成方法を利用した特開昭63-241826号公報に記載の方法は、予め線材に加工し、表面に銅又は銅合金が形成された基体に超伝導材料の構成元素からなる薄膜を形成して熱処理するものである。しかし、超伝導材料の種類にもよるが、熱処理には通常、800～1,000℃、1～100時間必要であることが開示されている。これに対し、一般に、超伝導線を製造する速度は、早ければ早いほどよく、この様な長時間の熱処理を必要とする方法は、製造速度が極めて遅くなるという問題がある。更に、薄膜形成方法では、超伝導体を構成する元素の組成を厳密に制御する必要があり、組成の僅かな変動により超伝導特性が大きく変化してしまう為に、長尺の超伝導線を製造することが困難であるという致命的な問題がある。

以上の様に、酸化物超伝導体を利用した超伝導線の製造に対し、多くの研究が行われているが、現状では実用になる超伝導線は得られていない。

【0007】

従って、本発明の目的は、臨界温度の高い酸化物超伝導体を利用し、超伝導線として実用化する場合に、加工によって臨界温度及び臨界電流が低下してしまうことのない実用性のある超伝導線が得られる超伝導線の製造方法を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】

上記の目的は、下記の本発明によって達成される、即ち、本発明は、銀又は銀合金テープ或いは複数の小さな穴が開けられた銀又は銀合金テープをパイプ状に加工しながらテープ上に酸化物超伝導体を供給してシース線材を形成し、伸線加工して細線を作製し、該細線を銀又は銀合金よりも融点の高い導電性材料の溶融液中に入れ該溶融液内を通過させて銀又は銀合金を溶解させ、銀又は銀合金を酸化物超伝導体に分散させると同時に導電性材料を酸化物超伝導体の表面に取り付けることを特徴とする超伝導線の製造方法である。

【0009】

【作用】

本発明によれば、酸化物超伝導体の空孔部に銀等が分散される為、臨界電流の改善がなされ、且酸化物超伝導体の表面付近の凹凸部にも銀等の溶融物が入り込んでいる為、外周に取り付けられた安定化剤である導電性材料との密着性にも優れる為、加工によって臨界温度及び臨界電流が低下せずに、臨界温度及び臨界電流の高い、実用性に優れた超伝導線が提供される。

【0010】

【好ましい実施態様】

本発明の好ましい実施態様を挙げて本発明を詳細に説明する。

先ず、銀又は銀合金テープ、或いは複数の小さな穴が開けられた銀又は銀合金テープを、パイプ状に加工しながらテープ上に酸化物超伝導体を供給してシース線材を形成しする。その方法としては、平板状の銀又は銀合金のテープを断面がU字状になる様に加工しながら、該U字状テープの中に超伝導体又はその原料を供給し、銀又は銀合金テープの両端がほぼ接触する程度まで丸め加工し、シース

線材とする。

【0011】

次に、上記の様にして得られた線材を伸線加工して細線を作製するが、その方法としては、ダイス加工や圧延等により線引きする。この線引きの前後や線引き中に加熱して酸化物超伝導体を焼結（熱処理）させてもよい。次に、得られた細線を銀又は銀合金よりも融点の高い導電性材料の溶融液中に入れ、該溶融液内を通過させて銀又は銀合金を溶解させ、銀又は銀合金を酸化物超伝導体に分散させると同時に導電性材料を酸化物超伝導体の表面に取り付けて超伝導線とする。

【0012】

即ち、細線を銀又は銀合金の融点よりも高い融点をもつ導電性材料溶融物の中を通すと、細線を構成している銀又は銀合金が融解して、細線をローラー等により巻取ることにより、酸化物超伝導体の表面には導電性材料と銀又は銀合金の溶融体が付着した状態で導電性材料溶融物の中から取り出される。この際に得られる酸化物超伝導体の表面に付着している溶融体は、冷却され、融点の高い導電性材料が固化しても銀又は銀合金は溶融状態にある為、銀又は銀合金が酸化物超伝導体の中に分散していき臨界電流の改善に寄与する。又、酸化物超伝導体の表面には、内部に分散されなかった銀又は銀合金や導電性材料の溶融物が付着する為に、酸化物超伝導体の表面に凹凸があったとしても隙間なくこれらを取り付けることが出来る。この為、超伝導線の機械的強度も優れたものになる。尚、線材が導電性材料の溶融物中を通過する段階で、酸化物超伝導体中の酸素が還元される心配があるが、本発明では脱離した酸素は銀又は銀合金中に取り込まれる為に、導電性材料が酸素非透過性材料であったとしても、熱処理することにより銀等に取り込まれたこれらの酸素を利用して超伝導特性を回復させることが可能である。

【0013】

本発明で使用される酸化物超伝導体としては、特に制限はないが、特に好ましい材料としては、以下の様なものが挙げられる。

例えば、組成式が $L_n a S r_b C u_{3-x} M_x O_c$ で表わされ、 $2.7 \leq a + b \leq 3$ 、 $3.0.8 \leq a \leq 1.2$ 、 $6 \leq c \leq 9$ 、及び $0.05 \leq x \leq 0.7$ であり、且

つ、LnがY元素及びランタノイド元素群の中から選ばれた1種以上の元素又は原子団、MがTi、V、Ga、Ge、Mo、W及びReの元素群から選ばれた1種以上の元素又は原子団である材料、

組成式が $Ln_aCa_bSr_cCu_{3-x}M_xO_d$ で表わされ、 $2.7 \leq a+b+c \leq 3.3$ 、 $0.8 \leq a+b \leq 2.1$ 、 $6 \leq d \leq 9$ 、 $0.05 \leq b \leq 1.1$ 及び $0.05 \leq x \leq 1.0$ であり、且つ、LnがY元素及びランタノイド元素群の中から選ばれた1種以上の元素又は原子団、MがFe、Co、Ti、V、Ge、Mo、W及びReの元素群から選ばれた1種以上の元素又は原子団である材料、

【0014】

組成式が $Ln_aCa_bSr_cBa_dCu_{2+e}O_{6+f}C_g$ であり、 $a+b+c+d=3$ 、 $0.2 \leq a \leq 0.8$ 、 $0.2 \leq b \leq 1.0$ 、 $0.5 \leq c \leq 2.2$ 、 $0 \leq d \leq 1.6$ 、 $0 \leq e \leq 0.8$ 、 $0 < 0.8f < 2$ 及び $0.2 \leq g \leq 1$ であり、LnがY元素及びランタニド元素からなる元素群から選ばれた1種以上の元素又は原子団である材料、

組成式が $(Ln_{1-a}Ca_a)(Sr_{2-b}Ba_b)(Cu_{3-c}B)O_d$ と表わされ、 $0.1 \leq a \leq 0.5$ 、 $0.7 \leq b \leq 1.7$ 、 $0.1 \leq c \leq 0.5$ 、 $6.5 \leq d \leq 7.5$ であり、且つLnはY元素及びランタノイド元素（ただし、CeとTbは除く）から選ばれた1種以上の元素又は原子団である材料、

【0015】

Ln、M、Ba、Ti、Cu及びO（LnはY、La、Pr、Nd、Sm、Eu、Gd、Dy、Ho、Er、Tm、Yb及びLuの元素群から選ばれた1種以上の元素又は原子団、MはCa及びSrの元素群から選ばれた1種以上の元素又は原子団）を構成必須元素とし、CuとOとが作る8面体又はピラミッド型5面体とTiとOとが作る8面体の両方を同時に基本構造中に具備し、二次元的に配列している材料等である。

そして、これらの材料に微量の不純物を添加した材料でもよいことは言うまでもない。

【0016】

又、本発明の超伝導線は、銀又は銀合金を分散させた酸化物超伝導体の外周に

取り付ける導電性材料は、どんな材料でもよいが、特に好ましい材料は、Au、Al、Cu、Ni、Pd、Pt、Ti、Mo、W、Nb及びMnの金属や合金である。

【0017】

又、本発明において、酸化物超伝導体の外周に導電性材料を形成する手段としては、上記した導電性材料の溶融物の中を通過させる方法に限定されない。例えば、Wの様な融点の高い材料を用いる場合には、銀又は銀合金だけでなく酸化物超伝導体も溶融、分解してしまうことが生じる。又、Alの様に銀等よりも低い温度の融点をもつ材料を使用した場合には、溶融物中に線材を通過させても銀等は溶融しない。この様な場合には、銀や銀合金を溶融し、その後、導電性材料を取り付ける。該取り付け手段としては、塗付して熱処理する方法、真空蒸着法や化学蒸着法等を利用する方法等材料により適当な手段を選択すればよい。

【0018】

銀又は銀合金テープには複数の小さな穴を設けて酸化雰囲気中で熱処理する場合に酸素と反応し易くしてもよいし、線引き後、或いは導電性材料を固化させた後に、HIP処理等を施してもよい。更に、導電性材料の表面に絶縁性材料を取り付けてもよいことは言うまでもない。尚、導電性材料の溶融物中を通過する際に、銀又は銀合金が導電性材料溶融物中に溶け出し、導電性材料と銀又は銀合金が固溶する可能性があるが、本発明では固溶しても何ら問題は発生しない。更に、線引き手段、加熱手段、巻取りや送出し手段、各行程の雰囲気等は、使用する材料により最適な方法を選択すればよい。

【0019】

【実施例】

以下、実施例を挙げて本発明を更に具体的に説明する。

実施例1

図1に本発明の製造方法の流れを示した。先ず、銀又は銀合金の平板テープを用意し、これを曲げて断面形状がU字状となる様にし、該U字状テープのU字の中側に酸化物超伝導体粉末又はその原料混合物材料を供給した後、断面形状がO状になるまで丸め加工する。この時、銀又は銀合金のテープの両端は直接接して

もよく、重なっていてもよく、更には内部の粉末がこぼれ落ちなければ隙間があってもよい。その後、適当な塑性加工により線引きする。又、線引きの前後やその途中に必要ながあれば熱処理を行う。その後、線材を坩堝 2 内に導き入れ、銀又は銀合金を溶解し、超伝導体の内部に銀又は銀合金を分散させ、表面に安定化材の役割を果たす導電性材料を取り付ける。尚、この溶解と導電性材料の取り付けは、これらを同時に行う方法と連続して行う方法とあるが、本実施例では同時に行う方法を採用した。

【0020】

図 2 に銀又は銀合金を溶解すると同時に導電性材料を取り付ける原理を示す。1 は、O 字状に加工された銀又は銀合金テープ 3 の中に充填された酸化物超伝導体の粉末である。5 はダイスであり、図では 1 回の加工を示しているが、必要により複数のダイスを用いて複数回の減面加工を行うことが出来る。4 は、上記の方法によって所望の形状に加工された原料線材である。これを坩堝 2 に導いて導電性材料の溶融液 6 の中を通過させる。この工程によって、超伝導体の表面にある銀又は銀合金が溶融する結果、一部は溶融液 6 と混合されるが、多くは超伝導体内部の空孔等に浸透していく。

【0021】

この結果、導電性材料の溶融液 6 を入れた坩堝 2 から線材を引き出すことにより、表面に導電性材料が塗布される。この時、導電性材料の融点は銀等よりも高い為に導電性材料が先に固化し、次いで内部に分散された銀又は銀合金が固化する。この結果、酸化物超伝導体に銀又は銀合金が分散されて、これらが臨界電流密度を改善し、更に、酸化物超伝導体の空孔部や表面付近の凹凸部にも主として銀又は銀合金の溶融物が入り込んでいる為に、外周に取り付けられた導電性材料との密着性にも優れたものとなる。尚、図 2 では省略したが、銀又は銀合金テープを丸める行程、超伝導体粉末を供給する行程をはじめとして、全ての行程を供給リールと巻き取りリールにより連続的に行うことが出来る。

【0022】

本発明に使用される材料の組み合わせは特に限定されないが、本実施例では、 $\text{YSr}_2\text{Cu}_{2.8}\text{W}_{0.2}\text{O}_y$ に対して 10 wt % の SrY_2O_4 が生じる様に、 Y_2O_3

、 SrCO_3 、 WO_3 及び CuO を混合し、これを $950\sim 1,400^\circ\text{C}$ で熱処理した酸化物超伝導体を用い、外周に設ける導電性材料としては Cu を用いた。尚、本実施例以外の実施例についても同様の材料の組み合わせを用いて超伝導線を作成した。

【0023】

上記の材料を用い、上記の方法で銀を溶解、分散させて得られた本実施例の超伝導線の臨界電流密度は、約 $10,000\text{ A/cm}^2$ (5 K)であった。これに対し、同じ酸化物超伝導体を用いても銀を溶解、分散させなかった場合には、臨界電流密度は約 $2,000\text{ A/cm}^2$ であり、本実施例により得られたものに比べ極めて小さな値となった。

又、本実施例で得られた超伝導線は、直径 30 cm のローラーで巻取っても超伝導特性が変化することはなかったが、銀を溶解、分散させなかった比較例の場合には、同じローラーで巻取ると通電量が $1/100$ から $1/1,000$ に低下した。これらのことは、本発明の超伝導線が機械的強度にも優れており、臨界電流密度も優れていることを示している。

【0024】

実施例 2

図2に本実施例における銀を溶解し導電性材料を取り付ける工程の概念図を示す。まず、酸化物超伝導体を内部に有しパイプ状に加工された銀シース材を、複数のダイス5 (図2では1個だけを示した) を使用して銀シース材を作製する。ここでは、外径が 8 mm 、内径が 6 mm の銀シース材の原料線材を外径 0.8 mm の細線4とした。6は不図示の加熱装置により溶融させた坩堝2内の銅溶融液であり、温度は $1,000^\circ\text{C}$ に保たれている。この様な銅の溶融液6中に上記で得られた銀シース線材を入れ、銅溶融液6内を通過させる。この時に、銀の融点は 960°C であるから、融解して銀の一部は銅溶融液6と混合されるが、多くは酸化物超伝導体内部に分散される。次に、不図示のローラーによりこの線材を巻取ると、線材表面には銅が付着した状態で、坩堝2から取り出される。坩堝2から取り出された線材10は、外周側から固化して行くが、内部の銀の固化が終了するまで冷却し、不図示のローラーで超伝導線を巻取る。尚、酸素が還元された

酸化物超伝導体の超伝導特性を回復させる為に、溶融させた銀に酸素を吹き込んでもよいし、更に外周の銀が固化した後に、再度熱処理を行ってもよい。

【0025】

この様にして作製された超伝導線の臨界電流は、使用した超伝導体材料の組成に関係なく、 10^4 A/cm^2 以上であり、超伝導線を巻取ったローラーの直径が300mm程度でも超伝導特性のは変化が認められなかった。又、銀テープに直径0.5mm以下の穴を開けたものを使用し、上記と同様にして超伝導線とした場合にも、同じ性能の線材を得ることが出来た。

しかし、線材の巻き取り速度を速くして銀テープの銀を十分に溶融させなかった場合には、得られた線材の臨界電流も 10^2 A/cm^2 程度であり、得られた線材の断面を電子顕微鏡で観察すると、銀と超伝導体の間には隙間がほぼ全面にわたって観測された。しかし、本発明の超伝導線では、隙間は観測されなかった。このことは、本発明では銀が溶解し、超伝導体の表面の凹凸部にも十分に浸入しているために外周の導電性材料との密着性に優れていることを示している。

【0026】

実施例3

図3に本実施例の超伝導線の製造方法の概念図を示す。まず、直径0.1～0.5mm程度の穴をあけた銀テープを連続ロール加工により、U字状とし、このテープの凹部に超伝導体を合成する為の原料を供給し、更にロール加工によりパイプ状にする。この原料線材をダイス5により直径1mmの線材にする。この際、図3に示す様に、ダイス加工の前後においてヒーター8で銀パイプを加熱することによって酸化物超伝導体を合成する。一般に、酸化物超伝導体の合成では構成金属元素の炭酸塩や硝酸塩、酸化物が原料として使用されることが多い。銀パイプに開けられた穴は、酸素を銀パイプの中心部まで供給することを可能とすると同時に、これらの原料が分解して生成される二酸化炭素等のガスを放出する機能を果たす。この為、本実施例においては、ヒーター8による熱処理によって優れた特性の超伝導体を合成することが出来る。この様にして得られた線材4を、坩堝2内に入れ、溶融した金6の中を通過させる。金の溶融液6の温度は1,065～1,080℃に保たれている。従って、銀の融点は960℃であるから、

金の溶融液 6 の中を通過させると、銀が溶けて酸化物超伝導体内に分散し、且つ坩堝 2 から線材が引き出だされる時には線材の表面に金が付着している。これらの金と銀とは固化するまでに部分的に混合されるが、これらの混合の割合は、金の溶融液 6 と線材との接触時間、巻取り速度で制御すればよい。

この様にして製造された超伝導線は、機械的変形にも強く、ローラー 7 の直径が 200 mm であっても 1,000 m 程度の長さの超伝導線を製造することが出来る。

【0027】

実施例 4

図 4 に本実施例の超伝導線の製造方法の概念図を示す。銀に 3 wt % のパラジウムをいれた合金テープを丸め加工しながら内部に酸化物超伝導体を充填し、ダイス 5 により、所望のシース線材を作成する。これを加熱装置 11 により加熱して銀合金を溶融させる。溶融した合金が再び固化してから薄膜装置 9 により導電性材料を表面に形成して超伝導線とする。この際使用する加熱装置 11 は、銀合金を溶融することが出来る温度まで加熱し得るものであれば何でもよいが、本実施例では赤外線を集光して加熱した。又、薄膜装置 9 も、所望の膜厚の導電性材料を形成することが出来る装置であれば何れでもよいが、本実施例では有機パラジウムを塗付し、これを熱処理してパラジウム膜を形成した。

この様にして作成された超伝導線は、銀とパラジウムとが極めてよく密着している為に、機械的変形にも強く、クラック等が発生しにくい。又、超伝導体には銀とパラジウムとが分散されており、臨界電流密度は、銀合金を分散させなかった超伝導線よりも 2 桁以上大きな値となっていた。

【0028】

実施例 5

図 5 に本実施例の超伝導線の製造方法の一部の工程の概念図を示す。本実施例では、複数の小さな穴が開けられた銀に 1 wt % のマグネシウムを添加した銀合金テープに丸め加工しながら内部に酸化物超伝導体を充填した。これをダイス 5 で線引きする前にヒーター 8 により熱処理し、原料物質からの放出ガス（原料の分解ガス、水分等）を除去して、超伝導体を合成した。生成した酸化物超伝導体

が充填されている銀合金パイプが室温に冷却される前にダイス5により所望のサイズに線引きする。本発明では、500～100℃で線引きを行い、その後、ヒーター8により再度熱処理した。ダイス5による線引き加工の前後の熱処理は、用いる超伝導体の種類により雰囲気を選定する。

【0029】

その後、加熱装置11によって線引き加工された線材を加熱して、表面の銀合金を溶融する。本実施例では加熱装置11として、カンタルスーパー線を発熱体とする電気炉を使用した。溶融した銀合金が酸化物超伝導体に分散されてから冷却し、薄膜装置9で導電性材料を表面に形成した。尚、本実施例では、導電性材料をアルミニウムを溶解した坩堝2の中に線材を入れアルミニウム溶解液内を通過させることで取り付けた。尚、銀合金テープに酸化物超伝導体の粉末を供給した場合には、線引き加工前の熱処理を省略してもよい。

この様にして作成された超伝導線は、機械的変形にも強く、銀合金を溶融して分散させなかった超伝導線よりも2桁以上大きな臨界電流密度を有していた。

【0030】

【発明の効果】

以上説明した様に、本発明によれば、加工によって臨界温度及び臨界電流が低下せずに超伝導線に使用される酸化物超伝導体の特性を十分に発揮させることが出来、且つ機械的変形にも強く、信頼性に優れた実用性のある超伝導線が提供される。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の超伝導線の断面模式図

【図2】

本発明の超伝導線の製造方法の概念図

【図3】

本発明の超伝導線の製造方法の概念図

【図4】

本発明の超伝導線の製造方法の概念図

【図5】

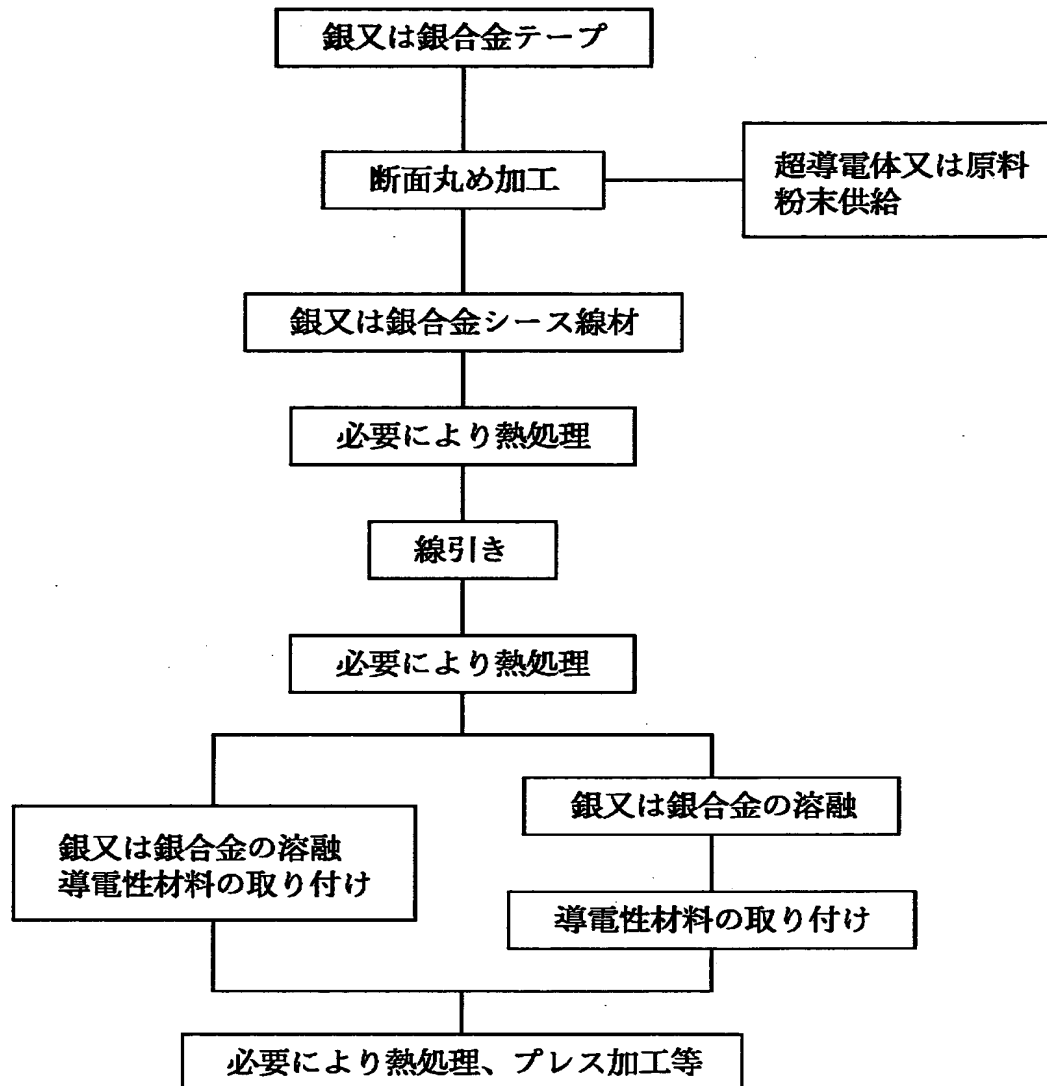
本発明の超伝導線の製造方法の概念図

【符号の説明】

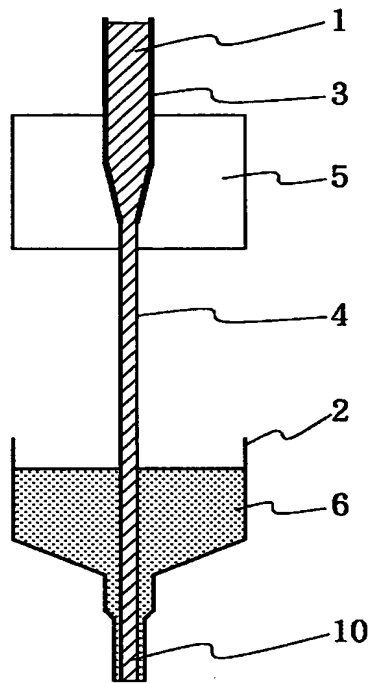
- 1：酸化物超伝導体
- 2：分散した物質
- 3：導電性材料
- 4：シース線材
- 5：線引き手段
- 6：熔融物
- 7：巻取りローラー
- 8：ヒーター
- 9：導電性材料形成装置
- 10：超伝導線
- 11：加熱装置

【書類名】 図面

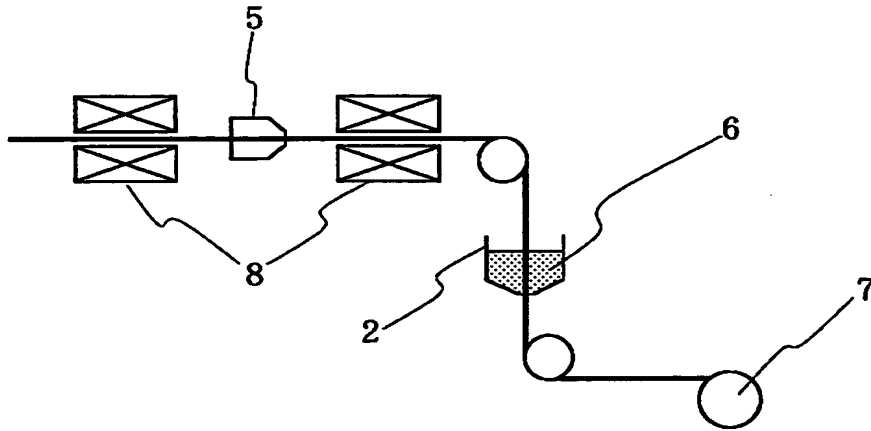
【図1】



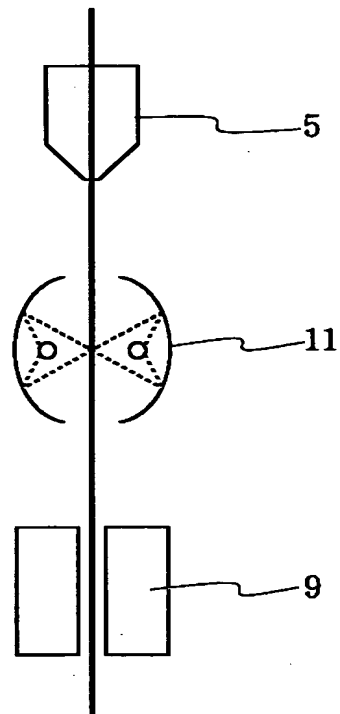
【図2】



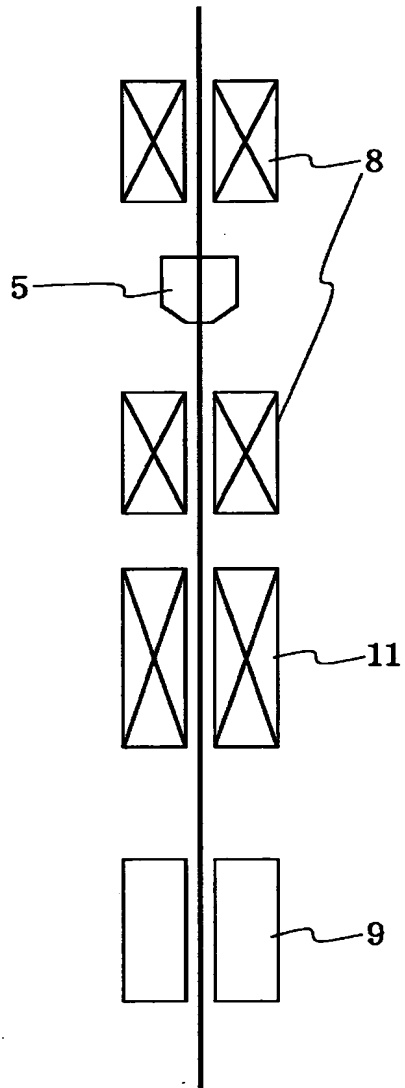
【図3】



【図4】



【図5】



【書類名】 要約書

【要約】

【目的】 臨界温度の高い酸化物超伝導体を利用し、超伝導線として実用化する場合に、加工によって臨界温度及び臨界電流が低下してしまうことのない実用性のある超伝導線が得られる製造方法を提供すること。

【構成】 銀又は銀合金テープ或いは複数の小さな穴が開けられた銀又は銀合金テープをパイプ状に加工しながらテープ上に酸化物超伝導体を供給してシース線材を形成し、伸線加工して細線を作製し、該細線を銀又は銀合金よりも融点の高い導電性材料の溶融液中に入れ該溶融液内を通過させて銀又は銀合金を溶解させ、銀又は銀合金を酸化物超伝導体に分散させると同時に導電性材料を酸化物超伝導体の表面に取り付けることを特徴とする超伝導線の製造方法。

【選択図】 図1

【書類名】
【訂正書類】

職権訂正データ
特許願

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】

000001007

【住所又は居所】

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

【氏名又は名称】

キヤノン株式会社

【代理人】

申請人

【識別番号】

100077698

【住所又は居所】

東京都千代田区神田佐久間町三丁目30番地 アコ
スビル201号室 吉田特許事務所

【氏名又は名称】

吉田 勝広

【代理人】

申請人

【識別番号】

100098707

【住所又は居所】

東京都千代田区神田佐久間町三丁目30番地 アコ
スビル201号室 吉田特許事務所

【氏名又は名称】

近藤 利英子

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000001007]

1. 変更年月日 1990年 8月30日
[変更理由] 新規登録
住 所 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
氏 名 キヤノン株式会社